



La recente scomparsa di Margaret Thatcher chiude idealmente un periodo storico, quello degli anni ottanta, che molti ricordano positivamente. In effetti, il rigore tatcheriano, ispirato ad un modello liberale di crescita economica, poco ha a che vedere con la triste austerità dei nostri giorni. I tempi sono cambiati, il libero mercato ha dimostrato tutti i propri limiti, il confronto con il modello socialista dei paesi dell'est non esiste più. Cosa rimane di quegli anni? Quali i simboli e le lezioni che la storia ci ha lasciato? Di certo, la discussione sul nucleare...

Oggi tutti sappiamo che la moderna pratica medica sarebbe inconcepibile senza l'uso a scopo diagnostico e terapeutico dei radioisotopi, delle radiografie cliniche e della radioterapia. D'altra parte, le radiazioni emesse durante le esplosioni nucleari hanno causato danni e morte. Il 26 aprile 1986 si verificò l'esplosione del reattore nucleare della centrale di Chernobyl. A 27 anni di distanza, la generazione-Chernobyl ricorda ancora la paura per la nube radioattiva e per le sue



conseguenze devastanti sull'ambiente e sulla salute umana. Cifre e conseguenze di tale disastro nucleare sono ancora oggi oggetto di discussione. Da allora si continuano a contare i morti e i conti non tornano mai. C'è chi conta i morti diretti e c'è chi conta le vittime "a distanza", cioè tutte le persone che, a causa delle radiazioni, si sono ammalate di tumore o di leucemia. Anche a proposito di questi ultimi, che rappresentano la parte più consistente della popolazione, non vi è accordo unanime. Il dato certo è che, fra il 1992 e il 2009, l'11,6% in più dei bambini ucraini ha sviluppato malattie endocrine, rispetto agli anni precedenti il disastro. Le patologie dell'apparato motorio sono aumentate del 5,3% e quelle dell'apparato gastro-intestinale del 5%. La tragedia di Chernobyl, però, non rappresenta un episodio isolato. L'11 novembre 2011, a 130 chilometri dalla costa nord orientale del Giappone, si verificò un terremoto di magnitudo 9,0. Numerosi impianti nucleari si spensero in modo automatico. La centrale di Fukushima Daiichi si scollegò dalla rete elettrica ed entrarono in azione generatori diesel che alimentarono il circuito di raffreddamento ad acqua intorno al nocciolo dei reattori. Alle 15.27 ora locale, i generatori diesel di Fukushima Daiichi vennero messi fuori uso da una successione di sette tsunami, alcuni con onde alte 15 metri. La sera, il governo giapponese dichiarò lo stato di

emergenza e vennero evacuate migliaia di persone che vivevano nel raggio di tre chilometri dalla centrale. Le conseguenze del disastro di Fukushima, secondo per gravità solo a quello di Chernobyl, sono ancora presenti nella vita dei giapponesi. Fra quelle più tragiche, un aumento dei decessi fra gli anziani della regione e l'incremento di diversi tipi di malformazioni nei bambini venuti alla luce dopo l'esplosione.

## Non solo nucleare

La presa di coscienza da parte dell'opinione pubblica riguardo ai possibili danni causati dalle radiazioni è avvenuta negli ultimi decenni a seguito delle avarie prodottesi nelle centrali nucleari. In realtà, bisogna considerare che i rischi del radioattivo non sono correlati soltanto all'attività umana, ma anche all'esistenza di un'emissione di radiazioni naturali dal terreno, sotto forma di gas radon. Tale gas diventa pericoloso per la salute umana se inalato; ne consegue che, se si accumula all'interno delle abitazioni, diventa una delle principali cause di tumore al polmone. Si stima che il radon sia la causa di morte per oltre 3000 persone ogni anno in Italia. Se è vero che al crescere della quantità di radiazione assorbita corrisponde un aumento dell'incidenza delle neoplasie che ne conseguono, non è possibile definire il limite inferiore di radiazione, ovvero il minor rateo assorbito in grado di

non determinare danni alla salute. Anche bassissime dosi di radiazioni hanno infatti la possibilità di scatenare disordini cellulari che contribuiscono alla genesi tumorale. A fronte di ciò diventa lecito chiedersi: è possibile proteggersi dalle radiazioni? E, se fosse possibile, in che modo?

## La scoperta della radioattività

La scoperta della radioattività è avvenuta in tempi relativamente recenti: nel 1800 lo scienziato francese Becquerel scoprì e misurò la radioattività esponendo pellicole fotografiche a sorgenti radioattive. Calibrò successivamente l'intensità della radiazione in base al grado di annerimento della pellicola sviluppata; tale annerimento derivava dagli stessi processi redox alla base delle comuni fotografie. In questo caso, però, l'ossidazione iniziale degli ioni alogenuro era causata dalla radiazione nucleare. La dose di radiazione assorbita viene attualmente misurata in gray (Gy) nel Sistema Internazionale e rappresenta 1 joule di radiazione assorbita da una massa di un chilogrammo.

## Potere di penetrazione

I tre tipi principali di radiazioni nucleari penetrano nella materia in misura diversa. Le radiazioni dotate di potere di penetrazione minore sono le alfa. Le particelle alfa, con la loro elevata carica e



massa, interagiscono così a fondo con la materia che vengono subito rallentate, catturano elettroni dagli atomi vicini e si trasformano in atomi di elio prima di poter penetrare a fondo nella materia. Nonostante il basso grado di penetrabilità, le particelle alfa sono molto dannose perché la violenza dell'impatto con eventuali materiali biologici può causare l'insorgenza di cancro. La maggior parte di tali radiazioni è assorbita dagli strati superficiali dell'epidermide; tuttavia, l'inalazione o l'ingestione di tali particelle può provocare danni agli organi interni. Secondo, come potere di penetrazione, vengono le radiazioni beta. I veloci elettroni che costituiscono queste radiazioni possono penetrare fino a circa 1 cm nei tessuti prima di essere fermati dall'interazione elettrostatica con i nuclei atomici o con altri elettroni. Le radiazioni gamma sono le radiazioni a penetrazione maggiore. I fotoni privi di carica elettrica e altamente energetici che costituiscono queste radiazioni possono attraversare il corpo, causandovi danni dovuti alla ionizzazione delle molecole incontrate lungo il loro percorso. Le molecole proteiche e il DNA, danneggiati in questo modo, non possono più svolgere correttamente le loro funzioni; ciò ha come risultato la comparsa di malattie da radiazione e del cancro. Le sorgenti di radiazioni gamma

debbono essere completamente isolate mediante mattoni di piombo o blocchi di calcestruzzo in modo da evitarne l'esposizione.

## Sindrome da radiazioni

Le radiazioni alterano il processo di coagulazione del sangue; a questo segue uno stato infiammatorio generale a cui può associarsi la diffusione e la proliferazione dei batteri che, attraverso il torrente ematico, il tratto intestinale o la presenza di eventuali lesioni cutanee, arrivano agli altri tessuti corporei con la conseguente liberazione di tossine. In condizioni fisiologiche, il sistema immunitario risponde alla presenza dei batteri mediante i granulociti neutrofili, che si legano alla superficie del batterio determinandone la morte. Tuttavia l'esposizione ad elevati livelli di radiazioni mina la capacità di produrre i neutrofili compromettendo così le difese immunitarie del soggetto. La sindrome da radiazione acuta si divide in cerebrale, gastrointestinale ed ematopoietica a seconda della dose, del rateo, dell'area corporea interessata e dal tempo trascorso dall'esposizione. La sindrome cerebrale è prodotta da dosi radianti al corpo intero superiori a 30 Gy ed è sempre a esito infausto. È composta da tre fasi e può protrarsi per alcune ore o pochi giorni. Si succedono, nell'ordine, una



fase prodromica caratterizzata da nausea e vomito, una seconda fase in cui si evidenziano prostrazione e tremori ed una terza fase in cui compaiono convulsioni e atassia, fino al decesso. La sindrome gastrointestinale è prodotta da dosi radianti al corpo intero stimate intorno ai 4 Gy ed è caratterizzata da nausea, vomito e diarrea in grado di indurre disidratazione, diminuzione del volume



plasmatico e collasso vascolare. La mucosa intestinale subisce una progressiva atrofizzazione che determina la completa scomparsa del rivestimento epiteliale dei villi e conseguenti massicce perdite di plasma all'interno dell'intestino. Le cellule epiteliali gastrointestinali possono rigenerarsi in 4-6 giorni e, se il paziente viene adeguatamente trattato con specifici antibiotici, può rimanere in vita.

Tuttavia, 2-3 settimane dopo la dose radiante si instaura un'insufficienza ematopoietica generalmente fatale. La sindrome ematopoietica è provocata da dosi al corpo intero di 2-10 Gy e causa inizialmente nausea, vomito e anoressia che raggiungono il loro picco entro 6-12 ore dall'esposizione per poi regredire progressivamente in 24-36 ore. In questo breve lasso temporale, i linfonodi,

la milza e il midollo osseo cominciano ad atrofizzarsi determinando in breve tempo un quadro di pancitopenia. Il risultato è una aumentata suscettibilità alle infezioni, una diminuita capacità del sistema reticolo-endoteliale di sopprimere i batteri fagocitati, una diminuzione dell'attività dei granulociti e la formazione di aree emorragiche a livello cutaneo e intestinale, in grado a loro volta di favorire la penetrazione e la crescita batterica.

## Effetti tardivi a medio termine

Esposizioni prolungate o ripetute a basso rateo di dose possono causare amenorrea, diminuzione della libido, anemia, leucopenia, trombocitopenia, cataratta, ridotta fertilità. Dosi più elevate o localizzate determinano perdita dei capelli, atrofia e ulcerazioni della cute, cheratosi, neoplasie (leucemie, tumori della tiroide, della cute e delle ossa). Inoltre, è ormai appurato come l'irradiazione delle cellule germinali possa determinare mutazioni: la procreazione favorisce il loro perpetuarsi alle generazioni successive.

## Terapie anti-radiazioni

**Ioduro di potassio** - Dopo Chernobyl vi fu una strage di problemi tiroidei lungo la strada percorsa dalla nube radioattiva. Per questo



motivo, in seguito all'incidente occorso alla centrale nucleare di Fukushima, l'opinione pubblica mondiale si è indirizzata verso l'acquisto massiccio di ioduro di potassio, un farmaco utilizzato per contrastare l'effetto delle radiazioni. Secondo l'OMS, il farmaco dovrebbe essere assunto poco prima o subito dopo un incidente nucleare per bloccare l'assorbimento delle radiazioni da parte della tiroide e ridurre il rischio di cancro, soprattutto nei bambini. Le autorità sanitarie italiane sottolineano come in Italia il rischio-radiazioni sia minimo e consigliano l'assunzione di farmaci contenenti ioduro di potassio solo se prescritti dal proprio medico curante o dietro una precisa raccomandazione da parte della sanità pubblica. Le donne in gravidanza, in particolare, dovrebbero assumere le compresse di ioduro di potassio solo su indicazione delle autorità competenti, dal momento che la tiroide di una donna incinta accumula iodio radioattivo con maggiore frequenza rispetto agli altri soggetti adulti, e poiché anche la tiroide del feto viene bloccata quando la madre assume il farmaco.

**Oligoelementi** - Nell'organismo umano esistono alcuni enzimi in grado di contrastare i radicali liberi potendo quindi garantire la difesa antitumorale delle cellule

viventi. Si tratta degli enzimi superossido dismutasi (SOD), della catalasi e della glutatione perossidasi, presenti in ogni cellula vivente ma considerati inefficaci se non vengono attivati da alcuni oligoelementi specifici, fra i quali si ricordano lo zinco, il rame, il selenio, il manganese e, in misura minore, il ferro.

**Omeopatia** - In occasione dell'evento di Chernobyl, i medici omeopati consigliarono l'assunzione a giorni alterni e per un mese di 3 granuli di Radium Bromatum 30 CH e 3 granuli di Sulfur Jodatum 5 CH. Questi preparati svolgono un'azione disintossicante e favoriscono l'eliminazione dei radionuclidi eventualmente assorbiti. Altre indicazioni date in quella occasione furono Uranium Nitricum e X-Ray, associati ad altri rimedi ad azione disintossicante come Sulfur Jodatum. X-Ray 9 CH, nella misura di 3 granuli a digiuno, a giorni alterni per un mese, può essere invece impiegato nel caso di impegnativi accertamenti radiologici, iniziandone l'assunzione già una settimana prima dell'esame.

**Sperimentazioni** - Diverse terapie farmacologiche utilizzate per contrastare l'effetto dannoso delle radiazioni si sono dimostrate efficaci sull'uomo solo se somministrate nell'arco di pochi minuti dall'esposizione alle radiazioni. Queste

tempistiche ne rendono impossibile l'utilizzo in caso di eventi di massa. Attualmente sono in corso diverse sperimentazioni per ovviare al problema. I ricercatori della Dana-Farber Cancer Institute and Children's Hospital di Boston hanno analizzato le condizioni che si possono osservare in pazienti oncologici trattati con chemio- e radioterapia per sviluppare una terapia farmacologica in grado di contrastare gli effetti delle radiazioni. Tale terapia, ancora in fase sperimentale, si è dimostrata efficace sui modelli animali anche a distanza di un giorno dall'assorbimento delle radiazioni e questo ha posto le basi per un futuro utilizzo su larga scala in caso di incidenti nucleari. Lo studio, recentemente pubblicato sulla rivista Science Translational Medicine, dimostra l'efficacia su un modello murino della combinazione di un antibiotico fluorochinolone - simile alla ciprofloxacina per uso umano - e di una versione sintetica della proteina umana BPI. Il profilo di sicurezza della terapia di combinazione e la possibilità di stoccare questi farmaci per lunghi periodi potrebbero rappresentare il punto di partenza per lo sviluppo di un sistema di protezione più ampio adottato internazionalmente per proteggere la popolazione e contrastare i danni causati da eventuali incidenti nucleari.